

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-101740  
(43)Date of publication of application : 06.05.1988

(51)Int.Cl. G01N 27/00  
H01L 29/78

(21)Application number : 61-246995  
(22)Date of filing : 17.10.1986

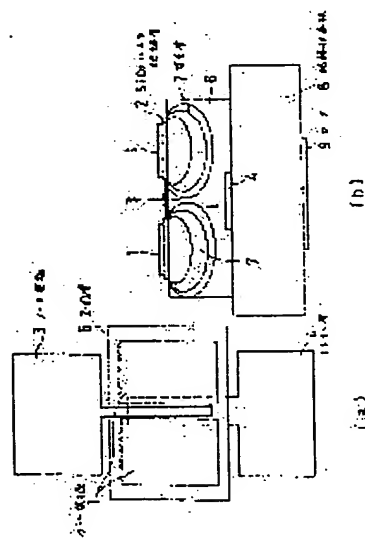
(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>  
(72)Inventor : MOGI KAZUO  
TSURUMI SHIGEYUKI  
NODA JUICHI

## (54) VERTICAL FET TYPE GAS SENSOR

### (57)Abstract:

PURPOSE: To achieve a higher sensitivity with the element temperature raised up to about 400° C, by arranging two electrodes on and beneath an oxide semiconductor film as source and drain and gate electrodes on both sides of an upper electrode to form an FET construction in which current flows vertically.

CONSTITUTION: A band-shaped drain electrode 4 is provided on an insulating substrate 8 comprising aluminum oxide, a ZnO layer 6 is laminated at the thickness of 1W20μm thereon as an oxide semiconductor film ohmic connected to the drain electrode 4 and an insulation layer 2 made of SiO2 is laminated on the ZnO layer 6 at the thickness of 10W100nm. Then, a band-shaped source electrode 3 is provided on the insulation layer 2 almost parallel with the drain electrode 4 and a gate electrode film 1 comprising one kind of metal selected from among Pd, Pt, Rh, Ir, Ru, Os, Au and Re is formed on both sides of the source electrode 3 at the thickness of 5W100nm. A heater 9 for heating elements is provided beneath the insulating substrate 8 to heat semiconductor elements.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

**Japanese Unexamined Patent Publication  
No. 101740/1988 (Tokukaisho 63-101740)**

A. Relevance of the Above-identified Document

The following is a partial English translation of exemplary portions of non-English language information that may be relevant to the present invention.

B. Translation of the Relevant Passages of the Document

See also the attached English Abstract.

2. [CLAIMS]

A vertical type field effect transistor gas sensor, wherein:

a strip-like lower electrode is formed on an insulative substrate;

an oxide semiconductor film having a thickness of 1  $\mu\text{m}$  through 20  $\mu\text{m}$  is so provided as to make ohmic contact with the strip-like lower electrode;

a silicon oxide film having a thickness of 10 nm to 100 nm is formed on the oxide semiconductor film;

a strip-like upper electrode is so formed on the silicon oxide film as to be parallel to the lower portion electrode; and

gate electrode films, each of which has a thickness of 5 nm through 100 nm and each of which is made of any metal of Pd, Pt, Ir, Ru, Os, Au, and Re, are so formed as

to face respective side of the upper electrode.

**BEST AVAILABLE COPY**

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-101740

⑬ Int. Cl.

G 01 N 27/00  
H 01 L 29/78

識別記号

3 1 1

庁内整理番号

J-6843-2G  
U-8422-5F

⑭ 公開 昭和63年(1988)5月6日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 縦型電界効果トランジスタ型ガスセンサ

⑯ 特 願 昭61-246995

⑰ 出 願 昭61(1986)10月17日

⑱ 発 明 者 茂 木 一 男 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 鶴 見 重 行 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 野 田 壽 一 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 鈴 江 武 彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

縦型電界効果トランジスタ型ガスセンサ

2. 特許請求の範囲

絶縁基板上に帯状の下部電極を設け、この下部電極とオーミック接続させた酸化物半導体膜を1～20 μm 積層、この酸化物半導体膜上に10～100 nm の酸化硅素膜を積層し、さらにこの酸化硅素膜上に下部電極と略平行なる位置に帯状の上部電極を設け、前記上部電極の両側に厚さ5～100 nm のPd, Pt, Rh, Ir, Ru, Os, Au, Re の金属のうち一種類を用いてゲート電極膜を形成した構造を特徴とする縦型電界効果トランジスタ型ガスセンサ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、小型にして消費電力が小さく高感度であり、かつ高速応答性と長期安定性を有する縦型電界効果トランジスタ型ガスセンサに関するものである。

〔従来の技術〕

従来のガスセンサは第1表に示す様に酸化物半導体より構成されるものが中心で、その測定原理は電気抵抗式と非電気抵抗式の二種類に大別される。現在実用化されているものの多くは電気抵抗式のものである。これ等は $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ などの酸化物半導体の粉末を、焼結法により素子化し、その電気抵抗値の変化からガス濃度を検出する方式で、酸化物半導体とガスとの相互作用が、半導体表面にとどまるか、内部にまで及ぶかにより、さらに表面制御型かバルク制御型に分類する事が出来る。これら電気抵抗型素子の大きな欠点は400℃前後の高温でのみ動作することで、発熱、消費電力が大きく、他の機能を持つセンサあるいは制御用の集積回路などとの集積化が困難な点である。

非電気抵抗式によるガスセンサの動作原理は、ガスの吸着や反応などによる金属電極の仕事関数の変化を直接的あるいは間接的にガス検出に利用する方式で具体的にはMOSFET型ガスセンサと金属半導体接合ダイオード型ガスセンサがある。第

特開昭63-101740 (2)

4 図(a)に MOSFET 型ガスセンサの構造及びその動作状況を示す。第 4 図(a)において、1 はゲート電極、2 は  $\text{SiO}_2$  による絶縁層、3 はソース電極、4 はドレイン電極、5 は半導体電流チャンネルである。例として  $\text{H}_2$  ガスに対する検出機構をゲート金属が Pd の場合について示すと以下の様になる。

$\text{H}_2$  ガスは Pd の表面で吸着解離して原子状水素  $\text{H}_a$  となる。 $\text{H}_a$  原子は拡散により Pd- $\text{SiO}_2$  界面に達しそこで分極してダイポール層を形成し界面電位を発生する。この結果、第 4 図(b)のグラフに示す様に FET の基本特性である閾値ゲート電圧  $V_0$  が 4V だけ変位する。この 4V を測定する事により  $\text{H}_2$  濃度を観測する事になるわけである。この MOSFET 型ガスセンサの大きな欠点は FET が Si で構成されているため、動作温度が 150℃以下に限定され、検出可能なガスが反応性の強い  $\text{H}_2$  ガス、CO ガスに限られる点と、電流が Si と  $\text{SiO}_2$  の界面をこれと平行に流れるため、界面の欠陥による影響を受けることである。

一方、金属半導体接合ダイオード型ガスセンサ

は、ガス吸着による金属電極の仕事関数の変化を接合界面における電位障壁の変化として検出するものであり、感度は高いが動作原理上ガス検出電極に直接に検出電流が流れるので不安定性が大きいという欠点を有している。

注目する物性	例	作動温度	代表的な検出ガス
電気抵抗式	表面膜型 電極抵抗 パセルク 制御型	~450℃ 300℃~450℃ 700℃以上	可燃性ガス エタノール、 可燃性ガス $\text{O}_2$
非電気抵抗式	表面電位 ダイオード整流特性 トランジスタ特性	室温 室温~200℃ 150℃	メタノール、 メタノール、 $\text{H}_2$ , CO $\text{H}_2$ , $\text{H}_2\text{S}$

第 1 表

〔発明が解決しようとする問題点〕

本発明は、従来の Si を構成要素とした MOSFET 型ガスセンサの欠点である使用温度が 150℃以下に限られる点 Si- $\text{SiO}_2$  の界面単位の影響を受ける点を解決した縦型電界効果トランジスタ型ガスセンサを提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は上記目的を達成するために、絶縁基板上に帯状の下部電極を設け、この下部電極とオーミック接続させた酸化物半導体膜を 1~20  $\mu\text{m}$  積層し、この酸化物半導体膜上に 10~100 nm の酸化硅素膜を積層し、さらにこの酸化硅素膜上に下部電極と略平行なる位置に帯状の上部電極を設け、前記上部電極の両側に厚さ 5~100 nm の Pd, Pt, Rh, Ir, Ru, Os, Au, Re の金属のうち一種類を用いてゲート電極膜を形成した構造を特徴とするものである。

従来技術とは Si を用いずに酸化物半導体膜を用いて FET を構成すること及び、ソース、ドレイン、ゲートの各電極の配置を変え、電流がゲート電極

や半導体界面から離れて縦方向に流れる様に構成されている点異なる。

#### 〔作用〕

本発明は上記手段により酸化物半導体を用い、ソースとドレインを上下に配して、電流を縦方向に流す様なFET構造を用いているため、素子温度を150℃以上400℃程度まで上げる事が可能であり高感度が達成出来るほか、半導体表面の影響を受ける事がなく、長期間にわたり安定な特性を得る事が出来る。

#### 〔実施例〕

以下図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

##### （実施例1）

第1図(a)、(b)は本発明の第一の実施例を説明する図であって、第1図(a)は平面図、第1図(b)は断面図である。1はPdを20nm付けたゲート電極、2はSiO<sub>2</sub>による絶縁層、3はソース電極、4はドレイン電極、5はZnO層、7はZnO層中に生じる空乏層、8は絶縁性基板（酸化アルミニウム基板）、

る点及び、従来のSiでの問題点だった150℃以下の低感度な温度領域でしか使用出来ない点について、第1図にある様にZnO層を上下の電極で挟む事により、高感度で検出できる様に改善がなされた。

##### （実施例2）

実施例1における素子のゲート金属をPd以外のPt、Rh、Ir、Ru、Os、Au、Re、Niとした場合の感ガス特性を第2表に示す。第2表ではガス濃度各1000ppm、素子温度200℃である。白金系金属の金属は200℃ではすべてガスに反応しV<sub>D</sub>が1Vから低下する。Niは卑金属であり全く反応しない。以上の結果から明らかな様に本発明素子は200℃まで加熱できるので、白金系金属ならPd以外の金属でもガス検出を行う事が出来る。

9は素子を加熱するための素子加熱用ヒータである。

第2図はこの素子を動作させるための駆動回路例である。第2図中、11は定電流電源、12は増幅器、13は出力端子である。第1図(a)、(b)の素子を動作するにはヒータ9により素子を200℃に加熱しソース電極3とドレイン電極4の間に直流電流10μAを流す。ソース電極3とドレイン電極4の間に生じる電位差V<sub>D</sub>は、H<sub>2</sub>、CO等可燃性ガスのない場合は約1Vとなり長時間にわたり変化はないが、H<sub>2</sub>、CO等可燃性ガスに触れるとゲート電極1であるPdの仕事関数が変化して、空乏層7が減少し、電流が増加してV<sub>D</sub>が減少する。素子を200℃に加熱した時のCOガスに対するV<sub>D</sub>の時間変化を第3図に示す。COガスの濃度の増加に対するV<sub>D</sub>の減少は極めて大きく、200℃の高温のため変化は急速に生じる。この結果から明らかな様にZnOの電子移動度が200cm<sup>2</sup>/V・secでSiの1500cm<sup>2</sup>/V・secに比べて小さく第4図の様な構造のFET構造では電気抵抗が高くなり過ぎ

ガス ゲート	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Pd	0.1	0.2	0.4	0.3	0.5
Pt	0.1	0.2	0.5	0.4	0.6
Rh	0.2	0.3	0.5	0.5	0.7
Ir	0.2	0.3	0.5	0.5	0.7
Ru	0.2	0.3	0.5	0.5	0.7
Os	0.2	0.4	0.5	0.5	0.8
Au	0.4	0.6	0.7	0.6	0.9
Re	0.5	0.8	0.9	0.9	1.0
Ni	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

第2表

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように本発明によれば、ソースとドレインとなる二つの電極を酸化物半導体膜の上下に配設し、ゲート電極を上部電極の両側に設けて電流を縦方向に流す様なFET構造を用いているため、素子温度を150℃以上400℃程度まで上げる事が可能であり高感度が達成出来るほか、

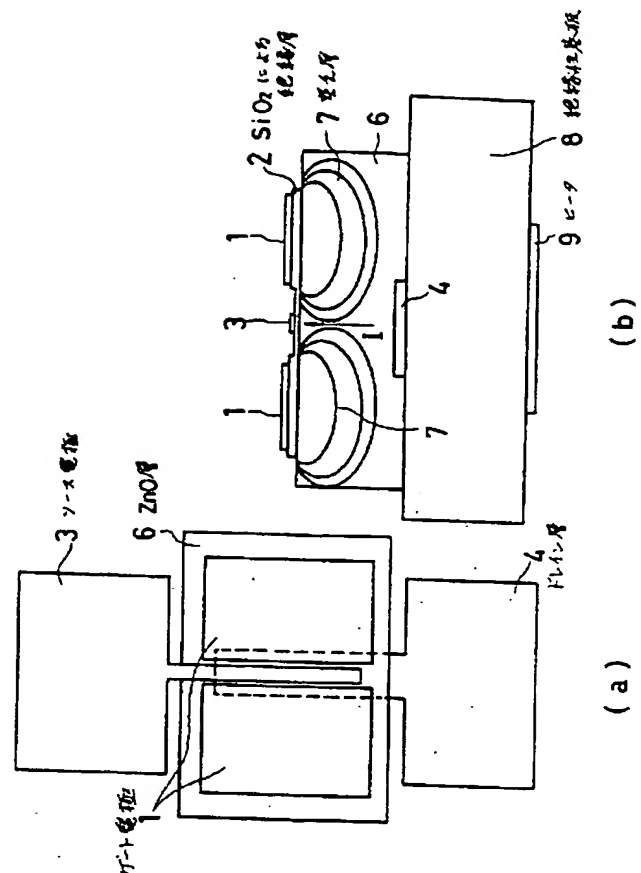
半導体表面の影響を受ける事がなく、長期間にわたり安定な特性を得る事が出来るという利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

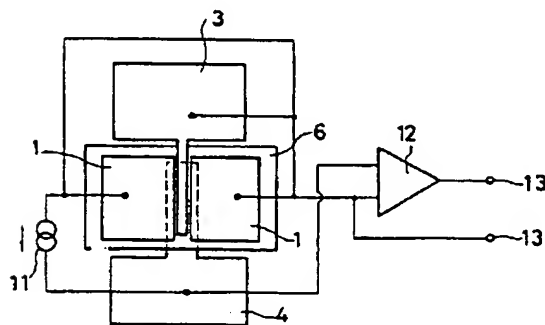
第1図は本発明の一実施例を示す構成図、第2図は本発明の特徴を最も良く表わしている第1の実施例の駆動回路図、第3図は本発明のCOガスに対する応答と時間変化の一例を示す特性図、第4図は横方向に電流が流れる事を特徴とする従来のMOSFET型ガスセンサの構成図及びその特性を示すグラフである。

1…ゲート電極、2… $\text{SiO}_2$ による絶縁層、3…ソース電極、4…ドレイン電極、5…半導体電流チャンネル、6… $\text{ZnO}$ 層、7… $\text{ZnO}$ 層中の空乏層、8…絶縁性基板、9…素子加熱用ヒータ。

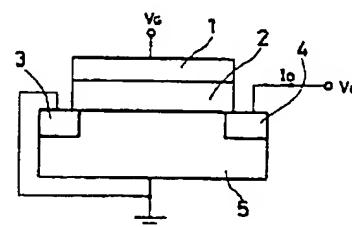
出願人代理人 弁理士 鈴 江 武 彦



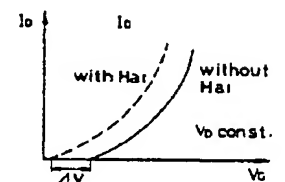
第1図



第2図

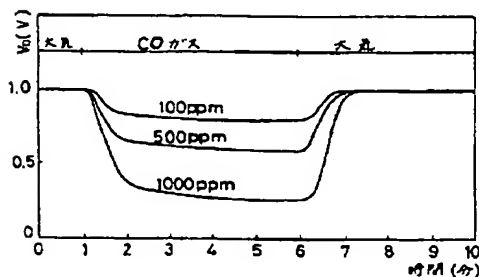


(a)



(b)

第4図



第3図